

УДК 628; 331.45 (045)

**Ю. П. Мисюк**, канд. техн. наук  
 Науково-дослідний інститут  
 Державної прикордонної служби  
 України

E-mail: [julia.mysiuk@gmail.com](mailto:julia.mysiuk@gmail.com)

## **МЕТОДОЛОГІЯ ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧИХ ПРИМІЩЕНЬ, ОБЛАДНАНИХ ВІЗУАЛЬНИМИ ДИСПЛЕЙНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ**

**Вступ.** Зростання використання інформаційної техніки і техніки зв'язку (далі – ІТТЗ) передбачає зростання оснащеності зоровим інтерфейсом ІТТЗ, яким є візуальні дисплейні термінали (далі – ВДТ), які, у свою чергу, вимагають іншого підходу до освітлення, ніж традиційні, паперові носії інформації. Правильно організована система освітлення має велике значення в зниженні виробничого травматизму, створює нормальні умови для роботи органів зору, підвищує працездатність організму і, відповідно, продуктивність праці.

Зокрема, особливо важливе значення має організація освітлення в приміщеннях з ВДТ Центрів управління службою Державної прикордонної служби України, оскільки там у цілодобовому режимі здійснюється моніторинг обстановки на державному кордоні та результатів оперативно-службової діяльності органів (підрозділів) Держприкордонслужби, а також контроль правоохоронної та правозастосовної діяльності органів, підрозділів охорони державного кордону.

Загальновідомо, що під час організації штучного освітлення у приміщеннях з ВДТ потрібно враховувати необхідний рівень освітленості, кольоропередачу, розподіл яскравості, пульсацію світла, осліплюючу дію освітлювальних пристроїв. Саме ці аспекти потребують проведення відповідних досліджень, узгоджених з умовами сучасності. Проте до цих пір дослідження стосувалися огляду різних світлових середовищ в приміщеннях з ПЕОМ та ВДТ, оглядів думок користувачів про освітлення цих типів приміщень і аналізу існуючої нормативної документації по їх освітленню.

**Це вказує на актуальність проведення досліджень** щодо необхідності здійснення експериментальної перевірки прийнятності відблисків на дисплейних екранах в приміщеннях з ВДТ, що створює основу для перероблення і виправлення системи нормативів з рекомендаціями по освітленню зазначених приміщень виходячи з властивостей дисплейних екранів.

**Мета** даної роботи полягає у розробленні основи для побудови методології освітлення робочих приміщень з ВДТ, яка забезпечить рекомендації по вибору дисплейних екранів, виходячи з їх фотометричних характеристик.

**Результати досліджень.** Згідно даних Всесвітньої організації охорони здоров'я, на працездатність та самопочуття людини негативно впливають відблиски на ВДТ, викликані, наприклад, неправильною організацією загального освітлення. Нерізкі відблиски погіршують розбірливість зображень і в граничному випадку роблять

екранну інформацію нерозпізнаваної. А різкі відблиски відволікають увагу від вирішуваних завдань. І нарешті, очі спостерігача замість зображення на екрані, можуть акомодуватися на уявно віддалені відбиті зображення. Інтенсивність екранних відблисків, що визначає зорову працездатність і міру прийнятності цих відблисків, залежить від співвідношення між параметрами освітлення, параметрами дисплейного екрану і взаєморозташуванням спостерігача, дисплейного екрану і джерел світла.

Найбільш просте рішення уникнення екранних відблисків – обмеження яскравості у напрямі дисплея або ж зниження рівня загального освітлення на час використання дисплея шляхом світлорегулювання або виключення освітлення. Це неприйнятно, проте, в приміщеннях із засобами ІТТС, де одночасно виконуються різноманітні індивідуальні та колективні завдання, що виключає прості рішення (наприклад, світлорегулювання) для створення умов освітлення, придатних для виконання усіх цих завдань. Тому відповідне освітлення приміщень із засобами ІТТС виявляє компроміс між достатністю освітлення для виконання зорових завдань і регулюванням засвічення дисплейних екранів щоб уникнути небажаних відблисків. Складність цього полягає у тому, що поряд з паралельно виконуваними зоровими завданнями і завданнями на дисплейних екранах, в приміщеннях з ВДТ існуватиме різноманітність дисплейних екранів, що працюють в однаковому середовищі. Освітлення в приміщенні повинне відповідати різноманітності цих екранів та особливостям їх розміщення. У таблиці наведено характеристики зразків ВДТ, які використовуються в приміщеннях з ВДТ (на прикладі Головного центру управління службою Державної прикордонної служби України).

Таблиця

**Характеристики обладнання з дисплейними екранами, розташованими в приміщеннях з ВДТ (на прикладі Головного центру управління службою Державної прикордонної служби України)**

Обладнання з дисплейними екранами	Максимальна яскравість екрану, кд/м <sup>2</sup>	Контраст (співвідношення яскравостей)	Основна складова екранних відблисків
Монітор на основі кінескопа	150	700	дзеркальна
Рідкокристалічний монітор (з матованим екраном)	300	200	змішана
Рідкокристалічний монітор (з прояснюючим покриттям екрану)	400	500	дзеркальна
Проекційний екран з рідкокристалічним проектором	320	500	дифузна

Відповідно до проведеного аналізу, ВДТ в приміщенні може бути розбито на дві великі групи. Перша група – це індивідуальний ВДТ, який використовується і спостерігається лише одним або двома користувачами, наприклад, портативний або настільний комп'ютери, і має невеликий формат відображення інформації. Друга група – це ВДТ колективного користування, з великим екраном, який пов'язаний з комп'ютером і спостерігається багатьма користувачами. У цю групу ВДТ, входять, наприклад, інтерактивні білі дошки, проекційні екрани, великі рідкокристалічні і плазмові екрани, які видно з різних точок приміщення.

Характеристики відблисків на ВДТ в зоні їх видимості залежать від відстаней між користувачем, екраном і яскравими об'єктами у полі зору відбитих зображень. Для

ВДТ першої групи ці відстані легко регульовані, що дозволяє легко уникати відблисків, наприклад, нахилиючи або повертаючи екран. Подібні ж дії для ВДТ другої групи складні, і екранні відблиски важко усунути. Крім того, великий екран означає, що відображувана ним сцена охоплює велику площу поверхонь в приміщенні.

**Відблиски на дисплейних екранах.** Складові відблисків на дисплейних екранах – дифузна, дзеркальна і змішана [1] (рис. 1).

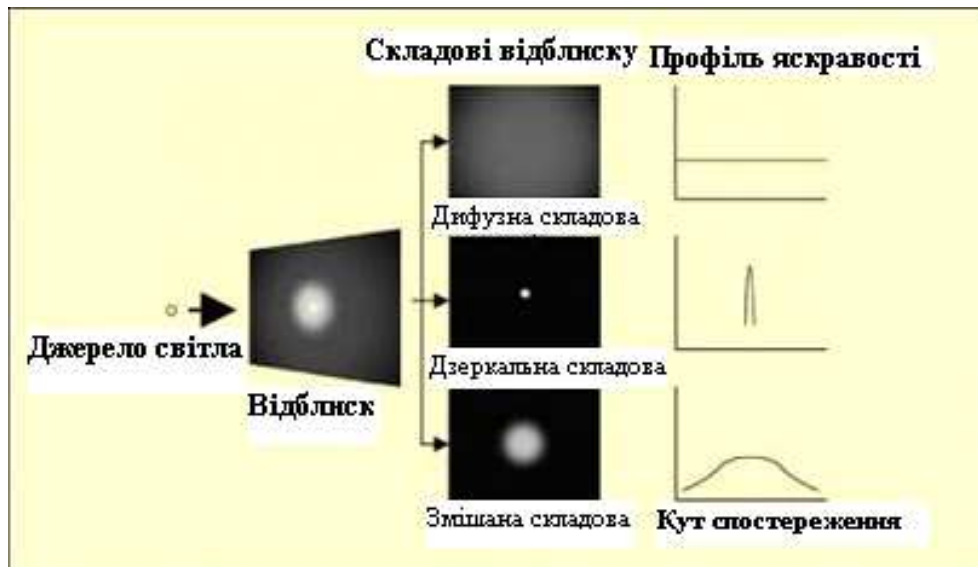


Рис. 1 - Три складові екранного відблиску і їх яскравість при різних кутах спостереження

Відмінності в технічному рішенні дисплеїв і обробленні поверхонь екранів означають, що різні екрани мають різне співвідношення між цими складовими, і, відповідно, відбивають світло, яке падає на екран, різним чином (див. таблицю):

- дифузна (ламбертовська) складова – світло розсіюється у всіх напрямках в межах тілесного кута  $2\pi$ . Вона проявляється на екрані у вигляді рівномірної яскравої плями і не відволікає увагу від зображення на екрані, але може істотно знижувати контраст між зображенням і фоном. Інтенсивність дифузної складової відблиску залежить від освітленості на екрані;

- дзеркальна складова – світло дзеркально відбивається від екрану і може відволікати увагу досить яскраво зображених завдань. Дзеркальну складову ясно видно на екранах з гладкою поверхнею (екранів на основі кінескопа або нематованих рідкокристалічних). Яскравість дзеркальної складової відблиску залежить від яскравості джерела світла;

- змішана складова – це поєднання дзеркальної і дифузної складових. Вона визначає нерізкість відблисків (з максимумом яскравості у напрямі дзеркального відбиття). Змішана складова визначається індивідуальними оптичними особливостями дисплеїв (наприклад, електродами рідкокристалічних екранів) або матуванням дисплейних екранів.

Для матування екрану застосовують механічну обробку або хімічне травлення його поверхні до отримання дифузних або нерізких відблисків, що знижує яскравість і чіткість відбитих зображень шляхом ослаблення дзеркальної складової відблисків і посилення їх змішаної складової. При цьому матування поверхні екрану знижує контраст і чіткість зображень.

Ослабляє екранні відблиски і просвітлення екранів. Для цього на екран наносять покриття з показником заломлення, близьким до коефіцієнта заломлення повітря, що усуває відблиски і підсилює контраст екранних зображень. Проте можливості

просвітлених покриттів залежать від кута падіння світла, і їх дієвість знижується, якщо кут цей відмінний від  $90^\circ$ . Просвітлення застосовують в разі гладких екранів – для ослаблення відблисків при збереженні контрасту зображень; проте при кутах падіння світла на екран, відмінних від  $0^\circ$  (наприклад, в разі екранів колективного користування в приміщенні з ВДТ), помітні відблиски для деяких спостерігачів все ж можливі.

**Існуюча методологія освітлення.** Проект освітлення робочих приміщень з ВДТ повинен містити вказівки по освітленню для відповідних приміщень. Головна причина того, що існуючі нормативи по освітленню вищезазначених приміщень не гарантують належної видимості при роботі з ВДТ полягає в їх відставанні від швидкозмінних характеристик дисплеїв. Відповідно, вони навряд чи відповідають новим зоровим завданням в приміщеннях з ВДТ.

Методологія освітлення по [2; 3] заснована на уявленні, що ВДТ знаходяться лише в спеціальних боксах, не є звичайним атрибутом приміщення та використовуються короткочасно. На нашу думку, недоліки методології освітлення приміщень з ВДТ ведуть до двох крайнощів в проектних рішеннях. З одного боку, освітлення зазначених приміщень проектується без врахування використання ВДТ, що здатне стати проблемою відблисків на дисплейних екранах. З іншого боку, при деякій наявності ВДТ в приміщенні зазначені нормативи посилять до методології освітлення ВДТ, розробленої для офісного середовища, з урахуванням інших застосувань ВДТ. Негативні наслідки цього включають вимоги надзвичайно великих захисних кутів світильників, що створює похмуре, неприємне світлове середовище в приміщенні. Крім того, існуюча методологія розрахована на застарілі візуальні засоби, при використанні яких увага в приміщенні обернена лише на інформацію на екрані. Будь-яка проблема сприйняття цієї інформації або екранних відблисків улагоджується або простим зниженням рівня загального освітлення (у зоні екрану), або його виключенням. Проте в інтерактивному режимі роботи в приміщенні використовується ВДТ, і тому, поряд з відповідністю зоровим завданням на дисплейних екранах, освітлення повинне відповідати взаємодії між індивідами і різноманітності паралельно вирішуваних зорових завдань. У Великобританії опубліковано декілька нових методичних документів по освітленню приміщень з ВДТ, наприклад [4]. Проте вони містять лише загальні правила і концепції і, як і раніше, не містять конкретних кількісних даних або вказівок систем освітлення, здатних гарантувати високу зорову працездатність в приміщеннях з ВДТ.

**Методологія освітлення робочих приміщень з ВДТ.** Якісні зорові середовища приміщень з ВДТ повинні відповідати нормативним положенням по охороні здоров'я і забезпеченню безпеки при використанні ВДТ. З урахуванням цього система нормативної документації по освітленню приміщень з ВДТ у Великобританії ділиться на дві категорії. Перша категорія містить методологію освітлення у вигляді рекомендацій і вимог по зоровому середовищу з ВДТ. Друга категорія нормативної документації містить вимоги до ВДТ. Разом з нормативами по освітленню ці вимоги формують метод класифікації ВДТ на основі максимально допустимих рівнів екранних відблисків. Приналежність даного ВДТ до одного з двох класів визначається його здатністю підтримувати певну якість зображень в деяких базових умовах для кожного класу, яка визначається рівнем яскравості джерела відблисків [5; 6].

Існуючі стандарти по якості зображення на дисплейних екранах ґрунтуються на принципі граничного контрасту – мінімального контрасту, необхідного для зорового виявлення або розпізнавання. Це означає:

- підтримання контрасту (або відношення яскравостей) зображень, що пред'являються, у присутності відблисків вище за деякий певний рівень – граничного контрасту, необхідного для достатньої розбірливості зображень, що пред'являються. Вказані

стандарти BS EN ISO 9241-7 і BS EN ISO 13406-2 дають різні вирази для контрасту зображень на екранах на основі кінескопа і плоских екранів [5; 6]:

$$\frac{L_{HS} + L_D + L_S}{L_{LS} + L_D + L_S} \geq 3 \quad (1)$$

та

$$\frac{L_{HS} + L_D + L_S}{L_{LS} + L_D + L_S} \geq 1 + 10 \times (L_{LS} + L_D + L_S)^{-0,55} \quad (2)$$

відповідно.

Підтримка контрасту (або відношення яскравостей) відбитих зображень нижче певного рівня – граничного контрасту, що визначає видимість або прийнятність зображення. Відблиски з контрастом нижче за це значення функціонально невидимі і прийнятні для спостерігачів. Для усіх типів дисплейних екранів вирази, що визначають контраст відбитих зображень, різні при позитивній і негативній полярностях екрану:

$$\frac{L_{HS} + L_D + L_S}{L_{HS} + L_D} \leq 1,25 \quad (3)$$

та

$$\frac{L_{LS} + L_D + L_S}{L_{LS} + L_D} \leq 1,2 + \frac{1}{15} \times \frac{L_{HS} + L_D}{L_{LS} + L_D} \quad (4)$$

відповідно.

У виразах (1)-(4):  $L_{HS}$  – яскравість найсвітлішої крапки;  $L_{LS}$  – яскравість найтемнішої крапки;  $L_D$  – яскравість недзеркального відблиску;  $L_S$  – яскравість дзеркального відблиску.

Контраст зображень і контраст небажаних відблисків залежать як від параметрів дисплея (яскравості екранних зображень і фону, відбивні характеристики – дзеркальні і недзеркальні складові), так і від параметрів освітлення (освітленість на екрані і яскравість джерел відблисків). Стандарти [5; 6] дозволяють визначати параметри дисплеїв і використовувати вирази (1)-(4) для оцінки розбірливості зображень, що виводяться на екран, і прийнятності екранних відблисків.

Однак є причини сумніватися в коректності вказаних граничних яскравостей світильників, оскільки багато існуючих нормативів базується на експериментах з екранами на основі кінескопа, а основну частку ринку складають монітори з рідкокристалічним екраном. Характеристики екранів цих двох типів різні, і дослідження виявляють відповідні відмінності в зоровій працездатності і суб'єктивних оцінках. Тому є необхідність перевірити і відновити зазначені граничні значення, які використовуються для класифікації дисплейних екранів і (або) для того, що переглянути вищезазначені межі яскравості світильників для різних класів екранів.

**Отже,** для поліпшення зорового середовища в приміщеннях з ВДТ існуюча методологія проектування освітлення повинна: 1) створювати комфортні і сприятливі для вирішення зорових завдань умови; 2) враховувати швидкий прогрес дисплейної техніки. У сучасній методології освітлення приміщень використання ВДТ розглядається лише з позицій якості вибраних дисплейних екранів. Вище вже розглянуто недоліки методології освітлення приміщень з ВДТ, пов'язані з прогресом дисплейної техніки. Остання змінюється швидко, а світлове середовище ні. Для обліку прогресу ВДТ було б доцільно зазначати мінімум якостей дисплейних екранів, яким повинне відповідати світлове середовище. Причому у міру вдосконалення ВДТ ці вказівки залишалися б чинними. Відповідні нові системи нормативної документації по

освітленню повинні ґрунтуватися на взаємодії параметрів дисплеїв, параметрів освітлення і реакцій користувачів.

**Висновки.** Дане емпіричне дослідження показало, що сучасна методологія освітлення приміщень з ВДТ недостатньо відповідає сучасності, а також виникла необхідність створення нової системи нормативної документації для прогнозування прийнятності екранних відблисків. За результатами дослідження запропоновано основу для побудови методології освітлення, яка забезпечить рекомендації по вибору дисплейних екранів, виходячи з їх фотометричних характеристик (для відповідності освітленню приміщень з ВДТ), на відміну від того, як це відбувається зараз.

### Література

1. Kelly E.F. Display reflectance model based on the BRDF / Kelly E.F., Jones G.R., Germer T.A. // Display. 1998. – Vol. 19, № 1. – P. 27-34.
2. Architects and Building Branch. Building Bulletin 90 Lighting Design for Schools. – London: Department for Education and Employment, 1999.
3. Lighting Guide 5 The visual environment in lecture, teaching and conference rooms. – London: CIBSE, 1991.
4. Standard Specifications, Layouts and Dimensions 4: Lighting systems in schools. – London: Department for Children, Schools and Families, 2007.
5. BS EN ISO 9241–7:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 7: Requirements for display with reflections. – London: BSI, 1998.
6. BS EN ISO 13406–2:2002 Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels – Part 2: Ergonomic requirements for flat panel displays. – London: BSI, 2002.

### МЕТОДОЛОГИЯ ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ, ОБОРУДОВАННЫХ ВИЗУАЛЬНЫМИ ДИСПЛЕЙНЫМИ ТЕРМИНАЛАМИ

Ю.П. Мисюк

*В статье рассматриваются вопросы соответствия ныне действующих методологических принципов освещения помещений с ВДТ, включая изменение природы зрительных задач и проблемы современной методологии освещения отмеченных помещений. Предложена основа для построения методологии освещения рабочих помещений с ВДТ, которая обеспечит рекомендации по выбору дисплейных экранов, исходя из их фотометрических характеристик.*

### METHODOLOGY OF ILLUMINATION OF WORKINGS APARTMENTS, EQUIPPED VISUAL DISPLAY TERMINALS

Iu.P. Mysiuk

*In the article the questions of accordance of now operating methodological principles of illumination of apartments are examined with VDT, including the change of nature of visual tasks and problem of modern methodology of illumination of the noted apartments. Basis is offered for the construction of methodology of illumination of workings apartments with VDT, which will provide recommendation on the choice of display screens, coming from their photometric descriptions.*